

Robert Trypuz
Paweł Garbacz

Bity i byty. O pewnym mało znanym zastosowaniu ontologii

Trudno jest znaleźć bardziej uderzający kontrast niż ten, który zachodzi pomiędzy postawą poznawczą inżyniera a postawą filozofa. Nawet jeżeli zajmujemy się etyką środowiska, a nasz kolega inżynier bada teoretyczne podstawy kształtowania krajobrazu, to pomiędzy naszymi a jego metodami i celami badawczymi rozpościera się przepaść, wyznaczona przez opozycję: teoria vs praktyka. Dlatego wydaje się, że termin „inżynieria ontologiczna” zawiera *contradictio in adiecto*. Na pierwszy rzut oka, ontologia pojęta jako najogólniejsza refleksja nad tym, co istnieje, jest zupełnie obca tak praktycznie zorientowanej aktywności poznawczej, jaką jest inżynieria. Tymczasem termin „inżynieria ontologiczna” na dobre zagościł w słowniku nauk o informacji.

W tym artykule chcielibyśmy pokusić się o wstępną charakterystykę relacji pomiędzy badaniami ontologicznymi uprawianymi w filozofii a tym, co uchodzi za takie badania w informatyce. Nie podamy jednak definicji „inżynierii ontologicznej” ani nie przeprowadzimy dogłębnej refleksji metodologicznej, uważamy bowiem, że ze względu na różnorodność struktur, które uchodzą za ontologie inżynierskie oraz brak konsensusu wśród specjalistów co do tego, czym faktycznie są tego rodzaju struktury, podobne przedsięwzięcia byłyby przedwczesne.

Przyjęta przez nas metoda ma zarówno komponent konceptualny, jak i komponent empiryczny. W pierwszej części artykułu, bardziej abstrakcyjnej, z grubsza zarysujemy granice inżynierii ontologicznej oraz staramy się pokazać relację tej dziedziny wiedzy do filozofii i informatyki. W drugiej części, bardziej empirycznej, prezentujemy trzy wybrane ontologie inżynierskie.

I. ONTOLOGIA A ONTOLOGIE¹

Terminem „Ontologia” (przez wielkie „O”) będziemy nazywać filozoficzną refleksję nad tym, co istnieje. Tak rozumiana refleksja obejmuje zarówno ontologię ogólną (gdzie formułuje się, aprobując lub nie, tezy takie jak „cokolwiek ma części, ma te części z konieczności” albo „jeżeli y przysługuje x-owi, to y jest zależny bytowo od x-a”), jak i tzw. ontologie szczegółowe, proponujące konkretne klasyfikacje bytów w pewnej dziedzinie, takie jak np. ontologia bytów ożywionych. Na obecnym etapie jesteśmy bardzo liberalni co do zakresu pojęcia „Ontologii”: w zasadzie wszystko, co w podręcznikach historii filozofii uchodzi za ontologię, jest Ontologią w naszym rozumieniu. Jesteśmy również dość neutralni, jeśli chodzi o konkretne stanowiska ontologiczne czy metaontologiczne. W szczególności obojętny jest nam spór o relację Ontologii do metafizyki. Ponieważ artykuł ten jest adresowany do społeczności filozoficznej, nie będziemy dalej charakteryzowali pojęcia „Ontologii”, a skoncentrujemy się na ontologiach. Mianowicie, terminem „ontologia” (przez małe „o”) będziemy nazywać wytwory aktywności poznawczej inżynierów-ontologów. Kim zatem są owi inżynierowie i czym są owe wytwory?

Na początku lat osiemdziesiątych zauważono, że obok dociekań nad formą reprezentacji informacji, konieczne są również systematyczne badania nad treścią informacji. Badania tego rodzaju są obecnie prowadzone w ramach teorii reprezentacji wiedzy (*Knowledge Representation*), modelowania pojęciowego (*Conceptual Modelling*) czy inżynierii ontologicznej (*Ontological Engineering*). W badaniach tych informatycy odwołują się do psychologii, lingwistyki, a pewnych wypadkach również do filozofii. John McCarthy (McCarthy [1980]) był jednym z pierwszych przedstawicieli informatyki (*Computer Science*), którzy *explicite* posługują się terminem „ontologia”. Z punktu widzenia problematyki poruszanej w naszym artykule istotne jest to, że termin ten został wybrany ze świadomością jego filozoficznej proweniencji. Inżynier ontolog jest to ktoś, kto świadomie lub przypadkowo prowadzi badania w obrębie jednej z wymienionych dziedzin, w wyniku których uzyskuje struktury pojęciowe, przez innych badaczy z tych dziedzin uważane za ontologie. A zatem dla potrzeb niniejszego artykułu „inżynierią ontologiczną” będziemy nazywać ten rodzaj aktywności poznawczej informatyków, której wytworami są struktury pojęciowe nazywane przez nich samych „ontologiami” (czasami będziemy owe wytwory nazywać „ontologiami inżynieryjnymi”). Oczywiście trudno tego rodzaju opis uznać za definicję ontologii inżynieryjnej czy inżynierii ontologicznej. Skonstruowanie porządnej definicji jest w tym przypadku trudne z uwagi na ontyczną heterogeniczność samych ontologii inżynieryjnych. Gdy inżynier ontolog używa terminu „ontologia”, ma on najczęściej na myśli jedno z następujących znaczeń tego słowa:

¹ Niektóre uwagi sformułowane w tej części artykułu pojawiły się wcześniej w Garbacz [2006].

- (i) ontologia definiuje podstawowe terminy i relacje obejmujące słownik danej dziedziny oraz reguły dotyczące operacji na tych terminach, które to operacje są przeprowadzane w trakcie definiowania rozszerzeń tego słownika,
- (ii) ontologia jest jawną specyfikacją danej konceptualizacji,
- (iii) ontologia jest formalną specyfikacją współdzielonej konceptualizacji,
- (iv) ontologia jest teorią logiczną, która częściowo charakteryzuje konceptualizację,
- (v) ontologia dostarcza środków opisu konceptualizacji, która jest założona przez daną bazę wiedzy (*knowledge base*),
- (vi) ontologia jest hierarchicznie uporządkowanym zbiorem terminów służących do opisu danej dziedziny, którego to zbioru można użyć przy budowie szkieletu pewnej bazy wiedzy (Corcho i in. [2003], s. 42-44).

Spoglądając na te definicje okiem filozofa czy logika, musimy przyznać, iż nie grzeszą one nadmierną ścisłością czy przesadną dbałością o historyczną adekwatność. Występujący w kilku z nich termin „*konceptualizacja*” oznacza uproszczony i abstrakcyjny obraz świata (por. Gruber [1995]).² Taki obraz może być systemem pojęciowym, którym jakiś podmiot poznawczy (tzn. człowiek lub grupa osób) posługuje się przy opisywaniu świata, lub systemem pojęciowym *implicite* zakładanym w ramach jakiegoś zasobu informacji. Jeżeli dwa podmioty poznawcze lub dwa zasoby informacji posługują się tą samą konceptualizacją, to mówimy, że jest ona *współdzielona*. Interesującym przypadkiem takiego współdzielenia jest konceptualizacja, którą posługuje się jednocześnie podmiot poznawczy, tzn. jakiś człowiek, i zasób wiedzy, czyli system komputerowy. Termin „*baza wiedzy*” (*knowledge base*) oznacza rozbudowany zbiór powiązanych ze sobą informacji dotyczących określonej dziedziny, który został utworzony przez fachowców z tej dziedziny. W końcu, *specyfikacja konceptualizacji* jest opisem określonego (uproszczonego i abstrakcyjnego) obrazu świata.

Jak widzimy, już na poziomie definicji i deklaracji ontologie inżynierskie nie stanowią jednolitej dziedziny wiedzy. Warto w tym kontekście dokonać oddzielenia pojęcia „ontologii inżynierskiej” od pojęcia „języka ontologicznego”. W badaniach nad reprezentacją wiedzy często bowiem ontologiami nazywa się zarówno języki formalne, jak i formułowane w tych językach modele pojęciowe. Dla nas ontologiami inżynierskimi będą zatem owe modele pojęciowe, a nie sposoby ich reprezentacji (które czasami przybierają postać rysunków czy diagramów).³

² Przykładowo, konceptualizacje artefaktów technicznych rzadko zakładają pełny aparat pojęciowy odpowiednich dziedzin współczesnej fizyki czy chemii. Na potrzeby reprezentacji wiedzy sformułowano teorie, które programowo upraszczają standardowe modele fizyczne. Najbardziej reprezentatywnymi spośród nich są tzw. fizyka jakościowa (zob. De Kleer [1984]) i fizyka naiwna (Hayes [1978]).

³ Przegląd różnego rodzaju formalizmów tego rodzaju można znaleźć m.in. w Gomez-Perez i in. [2004].

Mimo że nakreślone wyżej znaczenia terminu „ontologia” odbiegają od znaczeń, do których przywykliśmy w filozofii, (przynajmniej) niektóre z faktycznie konstruowanych ontologii są niezbyt oddalone od tego, co możemy wyczytać w pismach Arystotelesa, Leibniza czy Ingardena. Istotne są przy tym trzy momenty charakterystyczne dla ontologii inżynierskiej:

- Model pojęciowy czy teoria, którą jest ontologia inżynierska, ma najczęściej charakter metafizyki opisowej w sensie Strawsona. Inżynierów-ontologów interesuje bowiem raczej to, jak ludzie postrzegają daną dziedzinę rzeczywistości, niż to, jak ta dziedzina jest faktycznie określona bytowo.

- Jako wytwory aktywności poznawczej inżynierów, ontologie inżynierskie nie są traktowane jako ostateczne i jedyne modele czy teorie rzeczywistości. Inżynier ontolog uważa, iż ma prawo zastąpić jedną ontologię inną ontologią, nawet gdy pozostają one w stosunku wykluczania, jeżeli tylko uzna, że ta druga lepiej jest przystosowana do realizacji praktycznego zadania zbudowania jakiegoś zasobu informacji. Przy tym, nawet takie czynniki, jak czas konieczny dla zrozumienia czy wdrożenia danej ontologii, są tu uważane za uzasadnione motywy takiego zastąpienia.

- Podejście ontologiczne w informatyce charakteryzuje wybiórczy opis rzeczywistości. Inżynier ontolog skupia bardziej uwagę na elementach rzeczywistości „informacyjnie” istotnych ze względu na konkretne zastosowania niż na uchwyceniu „istoty rzeczy”.

- W odróżnieniu od większości teorii filozoficznych, które są tworzone przez pojedynczych myślicieli („w zaciszu ich gabinetów”), ontologie inżynierskie są zazwyczaj wytworami całych grup badaczy. W rezultacie ich ostateczna postać jest wynikiem szeregu kompromisów zawieranych w takich grupach. Ów wielopodmiotowy charakter pracy badawczej inżynierów ontologów pociąga za sobą zwiększenie społecznej akceptacji i zasięgu zastosowań wytworów tej pracy.

Wielości definicji „ontologii” odpowiada wielość tego, co nazywane jest ontologią w inżynierii ontologicznej, a raczej ta druga wielość przewyższa tę pierwszą, gdyż niektóre ontologie (tj. to, co uchodzi za ontologie) zdają się nie podpadać pod żadne z istniejących definicji.

To, na ile dana ontologia inżynierska jest pokrewna Ontologii, zależy od rodzaju tej pierwszej. Jednak niezależnie od tego, jak ta relacja pokrewieństwa przedstawia się w konkretnych przypadkach, możemy wstępnie określić zakres możliwych pożytków, jakie przy budowie ontologii może dostarczyć Ontologia.

Wiedząc, jaką formę można nadać reprezentacjom danych, informatycy chcą wiedzieć, jaką treść powinny zawierać owe reprezentacje. Rzecz jasna, nie chodzi tu o szczegółowe informacje o reprezentowanych przedmiotach. Specjaliści z informatyki oczekują od filozofii pomocy przy konstrukcji ogólnych struktur czy modeli pojęciowych. Z grubsza rzecz biorąc chodzi tu o układy odpowiednio ogólnych pojęć odnoszących się do własności, które przysługują lub mogą przysługiwać pewnemu zbiorowi przedmiotów, przy czym pojęcia te powinny być uporządkowane według relacji zachodzących między tymi przedmiotami, przynajmniej według relacji

subsumpcji: „ A jest (*is a*) B ”.⁴ Teoriomnogościowym odpowiednikiem relacji subsumpcji jest relacja bycia podzbiorem. Jeżeli pojęcie „ A ” jest w relacji subsumpcji, tzn. jest podporządkowane pojęciu „ B ”, to będziemy mówić, iż „ A ” jest *gatunkiem* „ B ” oraz że „ B ” jest *rodzajem* „ A ”. Modele pojęciowe dostarczają więc czegoś w rodzaju ramy pojęciowej czy struktury szczegółowych zasobów wiedzy. Tak rozumiany model pojęciowy ma przyczynić się do podniesienia walorów systemów przetwarzania informacji dzięki lepszemu rozumieniu przetwarzanych informacji (por. Smith, Welty [2001]).

Jak w praktyce wygląda takie polepszanie rozumienia?

Aby zilustrować zadania, przed którymi staje inżynier wiedzy, rozważmy problem przekładu nieformalnego opisu w języku angielskim na język programu komputerowego. Następujące zdanie mogłoby być częścią większego opisu systemu sygnalizacji świetlnej:

Światła uliczne automatycznie zmieniają się na czerwone lub zielone, lecz istnieje również możliwość ręcznego sterowania [nimi — przyp. RT i PG] w specjalnych okolicznościach.

Osoba, która stworzyła ten opis, miała niewątpliwie olbrzymie doświadczenie w jeździe lub w chodzeniu po współczesnym mieście, w którym na każdym rogu pojawia się sygnalizacja świetlna lub znaki stopu. Niemniej wyobraźmy sobie Marsjanina, który nauczył się języka angielskiego słuchając audycji radiowych, ale który nigdy nie był na Ziemi. Jak ów Marsjanin zinterpretowałby terminy *automatycznie*, *możliwość*, *ręczne sterowanie*, czy *specjalne okoliczności*? Jak sygnalizacja jest powiązana z ruchem ulicznym? Czy porusza się wraz z nim? Co to znaczy, że „światło zmienia się na czerwone lub zielone”? Czy obraca się? Czy zmienia barwę, tak jak liść klonu jesienią, z zielonej na czerwoną i spada? Inżynier wiedzy [...] jest jak Marsjanin, gdy zajmuje się takimi specjalistycznymi dziedzinami jak inwestycje bankowe, przemysł naftowy czy naprawa i przeglądy samolotów. Zdanie napisane przez eksperta w jednej z tych dziedzin jest jak zdanie o sygnalizacji świetlnej. Każdy termin, który może wydawać się „oczywisty” dla eksperta, jest zagadką, którą inżynier wiedzy musi zanalizować i rozwiązać. Komputer jest jeszcze bardziej podobny do Marsjanina. [...] Trudność polega na olbrzymiej ilości wiedzy bazowej (*background knowledge*), która jest ukryta za każdym słowem. Po dodaniu szczegółów zdanie o sygnalizacji świetlnej można rozszerzyć do postaci następującego opisu:

Kolor sygnalizacji świetlnej X może być albo czerwony albo zielony. X ma przełącznik sterowania ręcznego, który może być albo w pozycji «włączony» albo w pozycji «wyłączony». Jeżeli przełącznik sterowania automatycznego jest w pozycji «włączony», to X zachowuje się zgodnie z dwoma następującymi regułami. Kiedy kolor X staje się zielony, pozostaje zielony przez z sekund, a następnie zmienia się na czerwony. Kiedy kolor X staje się czerwony, pozostaje zielony przez c sekund, a następnie zmienia się na czerwony.

Ta poprawiona wersja jest *interpretacją* tekstu oryginalnego, która uzupełnia go o dodatkowe założenia. Przykładowo, zmienne z i c zależą od założenia, które mówi, że zawsze po zmianie koloru sygnalizacja pozostaje zielona lub czerwona. Niektóre z takich założeń są konieczne, aby opis był na tyle dokładny, by mógł być obliczalny. Są one jednak oparte na informacjach zewnętrznych, które pochodzą z wiedzy bazowej inżyniera wiedzy, z różnych zasobów informacyjnych (*reference sources*) czy z rozmów z ekspertem (Sowa [2000], s. 132-133).

⁴ W teoretycznej refleksji nad sposobami przetwarzania informacji termin „model pojęciowy” (*conceptual model*) jest wieloznaczny. Aby ująć wszystkie struktury denotowane przez ten termin przy różnych jego znaczeniach, wybraliśmy spośród nich znaczenie najbardziej pojemne.

Można by dodać, iż jednym z takich źródeł jest model pojęciowy dla danej dziedziny przedmiotów. Oczywiście, taki model pojęciowy nie zawiera wszystkich informacji dotyczących każdego z tych przedmiotów, lecz wymienia jedynie ogólne pojęcia, które ujmują najbardziej doniosłe lub najbardziej powszechne własności owych przedmiotów. W ten sposób model pojęciowy dla danej dziedziny determinuje uniwersalną ramę, która wyznacza budowę dowolnego zasobu wiedzy o tej dziedzinie, gdyż definiuje elementy, z których wiedza ta jest zbudowana, oraz relacje pomiędzy tymi elementami. Innymi słowy, model pojęciowy dla jakiejś dziedziny przedmiotów jest strukturą dowolnego zasobu wiedzy o tej dziedzinie.

Abstrakcyjnie rzecz ujmując, każdy system przetwarzania informacji składa się z zasobu informacyjnego w postaci bazy danych, programu aplikacyjnego oraz interfejsu użytkownika, czyli tej części oprogramowania, za pomocą której użytkownik korzysta z bazy danych. Każdy z tych komponentów może zostać zoptymalizowany za pomocą odpowiedniego modelu pojęciowego, i to zarówno na etapie tworzenia systemu, jak i na etapie jego działania.⁵

Największy wpływ na kształt systemu przetwarzania informacji możemy zaobserwować na etapie tworzenia bazy danych związanej z tym systemem. W istocie, taki model pojęciowy można utożsamić z tzw. schematem bazy danych. Dobrze skonstruowany model pojęciowy pozwala na eliminację następujących usterek w tego rodzaju schematach:

- (i) Nazwy indywidualne i nazwy generalne są przyporządkowane jednej nazwie (np. nazwy „Makao”, „Palestyna” i „terytorium zależne” są przyporządkowane „dominium”).
- (ii) Jedna nazwa jest jednocześnie przyporządkowana nazwie ujmującej własność istotną jakiegoś przedmiotu i nazwie ujmującej własność przypadkową (np. nazwa „człowiek” jest przyporządkowana nazwom „organizm” i „sprawca”).
- (iii) Jednej nazwie są przyporządkowane nazwy oznaczające przedmioty, które należą do odmiennych kategorii ontologicznych (np. nazwie „zwierzę” są przyporządkowane „zwierzę mityczne” i „zwierzę udomowione”).
- (iv) Jednej nazwie są przyporządkowane nazwy ujmujące strukturę swych desygnatów i nazwy ujmujące funkcje desygnatów (np. nazwie „zwierzę” są przyporządkowane „larwa” i „zwierzę udomowione”).⁶
- (v) Jedno wyrażenie posiada wiele znaczeń lub kilka różnych wyrażen posiada to samo znaczenie.
- (vi) Jedno pojęcie jest opisane na kilka różnych sposobów.⁷

⁵ Wszystkie poniższe uwagi o zastosowaniu modeli pojęciowych do projektowania systemów przetwarzania informacji zostały zaczerpnięte z Guarino [1998].

⁶ Por. Oltramari i in. [2002]. Przykłady zostały wzięte z zasobu informacyjnego WordNet — zob. niżej.

⁷ Por. Hirtz i in. [2001].

Na etapie eksploatacji zasobu informacyjnego istnienie i własności modelu pojęciowego skojarzonego z danym zasobem określają możliwości transferu informacji z tego zasobu do innych zasobów oraz możliwości inteligentnych poszukiwań informacji w tym zasobie.

Tworząc interfejs użytkownika, możemy skorzystać z ograniczeń, które nasz model pojęciowy narzuca na informacje wprowadzane przez użytkownika. Korzystając z takiego interfejsu, użytkownik (człowiek lub inny program komputerowy), który zna model danego systemu przetwarzania informacji, może bardziej efektywnie korzystać z tego systemu. Co więcej, w wypadku bardziej rozbudowanych systemów użytkownik zapoznawszy się z odpowiednim modelem pojęciowym może dokonać operacji odłączenia słownika (*vocabulary detaching*), w wyniku której korzystając z danego systemu może posługiwać się wybranym przez siebie językiem.

Tworząc program aplikacyjny, programista może za pomocą modelu pojęciowego zakodować tzw. statyczną część oprogramowania. Testując, uruchamiając lub konserwując taki program jest on wówczas w stanie powołać do istnienia bazę wiedzy stowarzyszoną z danym programem. Istnienie takiej bazy poszerza możliwości modyfikacji programu oraz możliwości wykorzystania kodu tego programu (lub jego części) w innych programach.

Oczywiście, takie zastosowania modeli pojęciowych będą owocne tylko wtedy, gdy modele te będą wiernie ujmowały naturę przedmiotów z danej dziedziny i gdy język, w którym zostaną sformułowane, będzie zrozumiały dla systemów przetwarzania informacji. W środowiskach zainteresowanych zastosowaniem filozofii w informatyce uważa się, że ów drugi warunek implikuje, że język ten jest bądź językiem formalnym, bądź językiem, który można przetłumaczyć na język formalny.

Struktura logiczna modeli pojęciowych, zwanych też ontologiami, jest bardzo różnicowana. Najprostszymi modelami są *katalogi*, czyli listy nazw lub numerów oznaczających pewne przedmioty. Bardziej złożone modele dopuszczają opisy wybranych fragmentów rzeczywistości w języku naturalnym. Jeżeli takie modele zawierają definicje terminów w nich występujących, to są nazywane *glosariuszami* (*glossaries*). *Tezaurus* (*thesaurus*) jest takim glosariuszem, w którym zdefiniowane terminy są uporządkowane ze względu na swą ogólność. Natomiast *taksonomiami* są nazywane te modele pojęciowe, które definiując odpowiednie zbiory przedmiotów umożliwiają wnioskowanie o własnościach jednego zbioru na podstawie własności innych zbiorów. W modelach pojęciowych opartych na tzw. ramach (*frame-based information systems*) możemy wnioskować o relacjach pomiędzy przedmiotami należącymi do różnych zbiorów oraz nakładać ograniczenia na relacje pomiędzy zbiorami i na relacje pomiędzy przedmiotami a zbiorami przedmiotów. W końcu, najbardziej informatywne i złożone modele pojęciowe, nazywane ontologiami formalnymi, mają postać systemów aksjomatycznych (Smith, Welty [2001]).

Przydatność opisanych wyżej modeli była szeroko dyskutowana w literaturze przedmiotu (por. np. Poli [1998]). Argumentowano, że mniej ogólne modele mogą

okazać się niewystarczające przy tworzeniu uniwersalnych systemów przetwarzania informacji, wskazując jednocześnie na przydatność modeli aksjomatycznych:

W większości zastosowań praktycznych ontologie [tzn. modele pojęciowe — przyp. RT i PG] jawią się jako proste struktury taksonomiczne złożone z terminów pierwotnych lub wtórnych oraz z odpowiednich definicji. Są to tzw. lekkie ontologie (*lightweight ontologies*), które są używane do reprezentowania relacji semantycznych pomiędzy terminami w celu ułatwienia opartego na treści (*content-based*) dostępu do (internetowych) danych wytworzonych przez daną społeczność. W tym wypadku zamierzone znaczenia terminów pierwotnych są bardziej lub mniej oczywiste dla członków takiej społeczności. Stąd, zadaniem ontologii jest tu raczej wspieranie usług językowych (tj. wnioskowań opartych na relacjach — zazwyczaj taksonomicznych — pomiędzy terminami,) niż wyjaśnianie czy definiowanie owych zamierzonych znaczeń. Wszelako z drugiej strony, potrzeba precyzyjnych uzgodnień co do znaczenia terminów staje się kluczowa, gdy społeczność użytkowników ewoluuje lub gdy wielokulturowe i wielojęzyczne społeczności muszą wymieniać dane i usługi. Jak zauważono ostatnio w *Harvard Business Review* właśnie ten problem może być jedną z głównych przyczyn tego, że tak wielu uczestników handlu elektronicznego zbankrutowało. Transakcje, które uważali za proste i rutynowe, były w istocie związane z wieloma subtelnymi różnicami dotyczącymi terminologii i znaczeń. Aby wyrazić (lub przynajmniej przybliżyć) te subtelne różnice, potrzebujemy jawnej reprezentacji tzw. ontologicznych zobowiązań co do znaczeń terminów, której celem jest usunięcie terminologicznych i pojęciowych wieloznaczności. Ścisła aksjomatyzacja logiczna wydaje się być w tym przypadku nieunikniona, ponieważ określa ona nie tylko relacje pomiędzy terminami, lecz, co ważniejsze, determinuje również formalną strukturę reprezentowanej dziedziny. Dzięki temu możemy używać aksjomatycznych ontologii nie tylko dla uproszczenia procesu ustalania znaczeń pomiędzy uczestnikami [procesu wymiany informacji — przyp. RT i PG], lecz również dla wyjaśnienia i modelowania samego procesu ustalania znaczeń, czy szerzej, struktury interakcji pomiędzy tymi uczestnikami (Masolo [2003], s. 2).

Jakkolwiek inżynieria ontologiczna jest młodą dziedziną wiedzy, istnieją już eksperymentalne wyniki przemawiające za owocnością stosowania analizy ontologicznej przy tworzeniu systemów przetwarzania informacji. W instytucie badawczym firmy IBM przeprowadzono następujący eksperyment (Welty i in. [2004]). Dane o produktach ThinkPad™ i NetVista™ dostępne na stronach internetowych IBM poddano operacji jednoczesnego przeszukiwania przez cztery programy wyszukujące informacje: (i) standardową wyszukiwarkę, (ii) Google™, (iii) opracowany przez programistów IBM program Risque™ oraz (iv) ten sam program, którego zasób informacyjny poddano procedurze „czyszczenia ontologicznego”. Owo „czyszczenie” polegało na (a) stworzeniu modelu pojęciowego dla zasobu informacyjnego Risque™, (b) analizie tego zasobu z punktu widzenia stworzonego modelu, (c) nadaniu zasobowi struktury logicznej określonej przez ten model, (d) przyporządkowaniu każdego niemaxymalnego terminu w zasobie do terminu maksymalnego (ze względu na relację subsumpcji), (e) sprawdzeniu niesprzeczności otrzymanego zasobu.

Za pomocą wymienionych programów sformułowano 127 pytań (tj. poleceń przeszukania zasobów informacyjnych firmy IBM) dotyczących produktów ThinkPad™ i NetVista™. Odpowiedź, której udzielił każdy z programów, uznano za poprawną,

gdy w pierwszych dziesięciu wynikach dostarczonych przez program znajdowała się informacja, na podstawie której użytkownik programu był w stanie zaspokoić swoją ciekawość dotyczącą tych produktów. Okazało się, że najwięcej poprawnych odpowiedzi, mianowicie 92, udzielił program Risque™ z „oczyszczonym” zasobem informacyjnym, natomiast wyjściowy Risque™ udzielił tylko 77 poprawnych odpowiedzi. Eksperyment ten wskazuje na korzyści, jakie możemy osiągnąć, gdy posługujemy się modelami pojęciowymi, tworząc systemy przetwarzania informacji.⁸

II. PRZEGLĄD WYBRANYCH ONTOLOGII

Aby umożliwić czytelnikowi bardziej osobisty kontakt z ontologiami inżynierskimi, przedstawiamy poniżej krótkie opisy trzech, naszym zdaniem dość reprezentatywnych, przykładów. Ponieważ tego rodzaju modele pojęciowe są bardzo rozbudowane, dokładne omówienie każdej z tych ontologii dalece wykracza poza ramy najdłuższego nawet artykułu (a w przypadku ontologii Cyc wykracza nawet poza ramy jakiegokolwiek książki). Ograniczamy się do podania najważniejszych cech formalnych tych struktur oraz do zilustrowania ich zawartości arbitralnie wybranymi definicjami. Dwie pierwsze z omawianych ontologii mają ambicję do opisania dowolnej dziedziny i jako takie są najbardziej zbliżone do ontologii ogólnych, które znamy z filozofii. Trzecia ontologia ma charakter lokalny, dotyczy bowiem tylko jednego przejawu aktywności ludzkiej, mianowicie działalności gospodarczej.⁹

1. WordNet

WordNet¹⁰ jest olbrzymią strukturą pojęciową, której powstanie było zainspirowane przez psycholingwistyczne teorie ludzkiej pamięci. WordNet opisuje zależności leksykalne i semantyczne, jakie zachodzą pomiędzy słowami określonego języka naturalnego (pierwotnie: języka angielskiego). Rzeczowniki, czasowniki, przymiotniki i przysłowki są pogrupowane w zbiory synonimów (*synsets*), w taki sposób, że każdy taki zbiór reprezentuje jedno słowo. Warto w tym miejscu zauważyć, że jedno słowo może należeć do kilku zbiorów synonimów. Można więc spojrzeć na WordNet

⁸ Jednym z forów wymiany doświadczeń ze stosowania ontologii do praktycznych aplikacji jest konferencja *Formal Ontology Meets Industry* organizowana przez *Laboratory for Applied Ontology*. Zob.: <http://www.loa-cnr.it/fomi/>.

⁹ Ponieważ ontologie inżynierskie są artefaktami informacyjnymi, które podlegają nieustannym zmianom, nasze studium oparliśmy o aktualne specyfikacje tych ontologii dostępne na stronach internetowych instytucji, które nimi zarządzają. Ostatnia ontologia, *Enterprise Ontology*, jako projekt już zakończony jest scharakteryzowana na podstawie raportu technicznego podsumowującego ten projekt.

¹⁰ Opis Wordnetu został zaczerpnięty z dwóch źródeł: z oficjalnej strony internetowej WordNetu: <http://wordnet.princeton.edu/> oraz z pięciu artykułów o Wordnecie zebranych pod wspólną nazwą „Five Papers on WordNet” — Miller i in. [1993].

jak na coś w rodzaju sieci, której węzłami są zbiory synonimów połączone między sobą relacjami leksykalnymi (relacje morfologiczne) i semantycznymi (np. hiponimia, jednoznaczność, przeciwieństwo, przynależność). Wydaje się, że korzystając z klasyfikacji ontologii sformułowanej w części I artykułu można by ulokować WordNet pomiędzy taksonomiami a ontologiami formalnymi.

WordNet przypomina słownik wyrazów bliskoznacznych, choć faktycznie jest strukturą znacznie bogatszą. Każdy termin występujący w WordNecie należy do jednego lub więcej zbiorów synonimów. Każdy taki zbiór wyraża pojęcie, czy innymi słowy, jest odpowiednikiem znaczenia swoich elementów. A zatem, gdy termin należy do zbioru synonimów *A*, posiada inne znaczenie niż wtedy, gdy należy do zbioru synonimów *B*. O przynależności pewnego terminu do danego zbioru synonimów decyduje sposób jego rozumienia i używania przez większość kompetentnych użytkowników danego języka.

Zbiór synonimów jest podstawową jednostką WordNetu. Przykładem takiego zbioru jest {*president, chairman, chairwoman, chair, chairperson*}¹¹, który charakteryzuje sposób rozumienia każdego ze słów w nim występujących, np. terminu „*president*”. Każde słowo w zbiorze synonimów może być reprezentantem tego zbioru; podobnie jak w teorii mnogości dowolny element z klasy równoważności może reprezentować tę klasę. Niektóre słowa nie mają synonimów. W takich wypadkach pojęcie jest objaśnione w sposób opisowy, np. zbiór synonimów *tree* jest objaśniony przez wyrażenie „*a tall perennial woody plant having a main trunk and branches forming a distinct elevated crown; includes both gymnosperms and angiosperms*”. Słowo i zbiór synonimów, który je reprezentuje, są uważane w WordNecie za elementy równoważne. Zbiory synonimów mogą być zbiorami rzeczowników, czasowników, przymiotników i przysłówków. Zaczynijmy od rzeczowników.

W dniu 15 czerwca 2006, WordNet 2.1 zawierał ponad sto tysięcy r z e c z o - w n i k ó w pogrupowanych w 81426 zbiorów. Rzeczowniki (a dokładniej zbiory synonimów je grupujące) zorganizowane są w strukturę drzewiastą. Strukturę drzewa wyznacza relacja wyrażona przez słowo „jest” (*x is a (kind of) y*), czyli relacja subsumpcji. Zbiór synonimów *X* jest *hiponimem* (*hyponym*) zbioru synonimów *Y*, jeżeli każdy *X* jest *Y* (w domyśle: każdy desygnat dowolnego elementu „*X*” jest desygnatem jakiegoś elementu „*Y*”). Podobnie, *X* jest *hiperonimem* (*hypernim*) *Y*, jeżeli każdy *Y* jest *X*. Wersja 2.1 WordNetu posiada element największy względem relacji subsumpcji, zwany korzeniem: zbiór synonimów *entity*, który jest zdefiniowany następująco: *that which is perceived or known or inferred to have its own distinct existence (living or nonliving)*. Zbiór synonimów *entity* ma trzy hiponimy: *physical entity (an entity that has physical existence)*, *abstract entity (an entity that exists only abstractly)*, *thing (an entity that is not named specifically)*, które następnie rozgałęziają się na kolejne zbiory synonimów (zob. rys. 1).

¹¹ Ponieważ WordNet jest ontologią lingwistyczną, tzn. silnie uwarunkowaną danym językiem, nie tłumaczymy podanych przez nas przykładów z języka angielskiego.

- **S: (n) entity** (that which is perceived or known or inferred to have its own distinct existence (living or nonliving))
 - **direct hyponym / full hyponym**
 - **S: (n) physical entity** (an entity that has physical existence)
 - **direct hyponym / full hyponym**
 - **S: (n) thing** (a separate and self-contained entity)
 - **S: (n) object, physical object** (a tangible and visible entity; an entity that can cast a shadow) "*it was full of rackets, balls and other objects*"
 - **S: (n) causal agent, cause, causal agency** (any entity that produces an effect or is responsible for events or results)
 - **S: (n) matter** (that which has mass and occupies space) "*physicists study both the nature of matter and the forces which govern it*"
 - **S: (n) process, physical process** (a sustained phenomenon or one marked by gradual changes through a series of states) "*events now in process*"; "*the process of calcification begins later for boys than for girls*"
 - **S: (n) substance** (material of a particular kind or constitution) "*the immune response recognizes invading substances*"
 - **direct hypernym / inherited hypernym / sister term**
 - **S: (n) abstraction, abstract entity** (a general concept formed by extracting common features from specific examples)
 - **S: (n) thing** (an entity that is not named specifically) "*I couldn't tell what the thing was*"

Rys. 1 WordNet: fragment taksonomii rzeczowników

Pomiędzy niektórymi zbiorami synonimów zachodzi relacja meronimii (ang. *meronymy*). W Wordnecie można odnaleźć trzy typy meronimii:

- relacja pomiędzy częścią a całością (np. zbiór synonimów *branch* jest częścią zbioru synonimów *tree*),
- relacja pomiędzy elementem a grupą, do której ten element należy (np. zbiór synonimów „*tree*” jest elementem zbioru synonimów „*forest*”),
- relacja pomiędzy materią a rzeczą, która jest zbudowana z tej materii (np. zbiór synonimów *aluminium* jest w tej relacji do zbioru synonimów *plane*).

C z a s o w n i k i, podobnie jak rzeczowniki, są przechowywane w zbiorach synonimów, charakteryzujących ich znaczenie, np.: {*travel, go, move, locomote*}, {*move, displace*}, {*go, proceed, move*}, {*motivate, actuate, propel, move, prompt, incite*}. Struktura zbiorów synonimów czasowników powiązanych relacją subsumpcji rozrasta się bardziej w szerz niż w głąb, będąc znacznie bardziej „krzaczasta” niż drzewa rzeczowników.

WordNet zawiera ponad dziesięć tysięcy form czasownikowych, pogrupowanych w zbiory synonimów. Zbiory te są z kolei uporządkowane w piętnastu grupach:

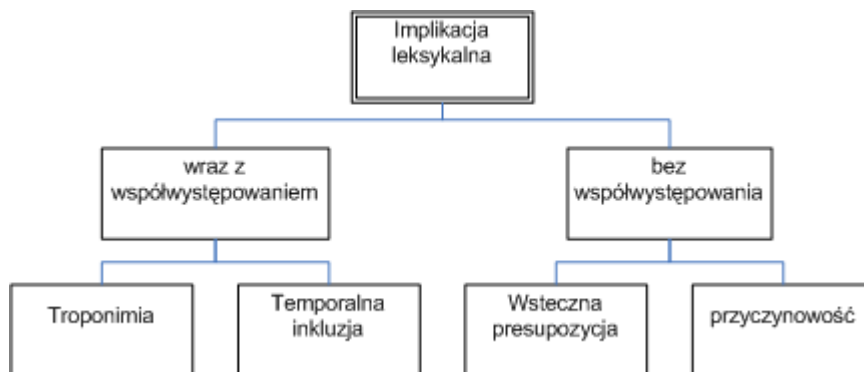
- czasowniki odnoszące się do funkcji ciała oraz higieny (np. pocić się, chrapać, ubierać się),
- czasowniki wyrażające zmianę (np. zmieniać, modyfikować, cofać, dostosowywać się),
- czasowniki odnoszące się do komunikacji wymiany informacji (np. dziękować, zamawiać, seplenić),
- czasowniki związane z rywalizacją (np. atakować, zbroić),
- czasowniki związane z konsumpcją (np. jeść, pić),
- czasowniki kontaktu fizycznego (np. wiązać, pocierać, dotykać),
- czasowniki wyrażające procesy i stany kognitywne (np. uczyć się, sądzić, dedukować),
- czasowniki wyrażające procesy wytwarzania (np. tworzyć, wynajdować, piec),
- czasowniki wyrażające ruch (np. ruszać się, potrząsać),
- czasowniki odnoszące się do emocji i stanów psychicznych (np. bać się, tęsknić, kochać),
- czasowniki wyrażające niezmiennie stany (np. być, mieć),
- czasowniki wyrażające procesy percepcji (np. oglądać, rozglądać się, wachać),
- czasowniki odnoszące się do posiadania (np. mieć, posiadać, odbierać),
- czasowniki odnoszące się do działań społecznych (np. oskarżać, składać pozew),
- czasowniki opisujące pogodę (np. śnieżyć, mżyć).

W zbiorach synonimów czasownikowych występuje bardzo mało prawdziwych synonimów czasownikowych, takich jak np. *shut* i *close*. Przeważająca większość to albo wyrazy bliskoznaczne, np. *begin-commence*, *end-terminate*, *rise-ascend*, *behead-decapitate*, albo parafrazy np. {*swim, travel through water*}, {*mumble, talk indistinctly*}, {*saute, fry briefly*}, które często obrazują proces słowotwórczy, np. {*whiten, become white*}, {*enrich, make rich*}.

Podstawową relacją zachodzącą pomiędzy czasownikami w WordNecie jest antysymentryczna relacja implikacji leksykalnej (*Lexical Entailment*). *X implikuje leksykalnie Y* ($X * \rightarrow Y$), jeżeli wykonując aktywność oznaczoną przez „*X*” sprawca musi również wykonać aktywność oznaczoną przez „*Y*”. Przykładowo *snore* $* \rightarrow$ *sleep*.

WordNet rozróżnia cztery rodzaje implikacji leksykalnej (zob. rys. 2). Jeżeli aktywności opisywane przez parę czasowników współwystępują ze sobą (tzn. jeśli trwanie jednej z nich obejmuje trwanie drugiej), to mamy do czynienia bądź z przypadkiem troponimii (gdy owe trwania są identyczne), bądź z przypadkiem temporalnej inkluzji (gdy trwanie jednej aktywności zawiera ściśle trwanie drugiej). Przykładowo, czasownik *lisp* jest troponimem czasownika *talk*, a czasownik *limp* jest temporalnie zawarty w czasowniku *walk*. Jeżeli natomiast aktywności opisywane przez parę czasowników nie współwystępują ze sobą, to mamy do czynienia bądź z przypadkiem wstecznej presupozycji (*czynność B wstecznie presuponuje czynność A, gdy warunkiem wykonania A jest wcześniejsze wykonanie B*), bądź z przypadkiem przyczynowości (*czynność A powoduje czynność B, gdy skutkiem wykonania A jest wyko-*

nanie B). Pierwszy rodzaj zależności ma charakter konceptualny, a drugi rodzaj empiryczny. Przykładowo, czasownik *succeed* wstecznie presuponuje czasownik *try*, a czasownik *teach* jest powiązany relacją przyczynową z czasownikiem *learn*.

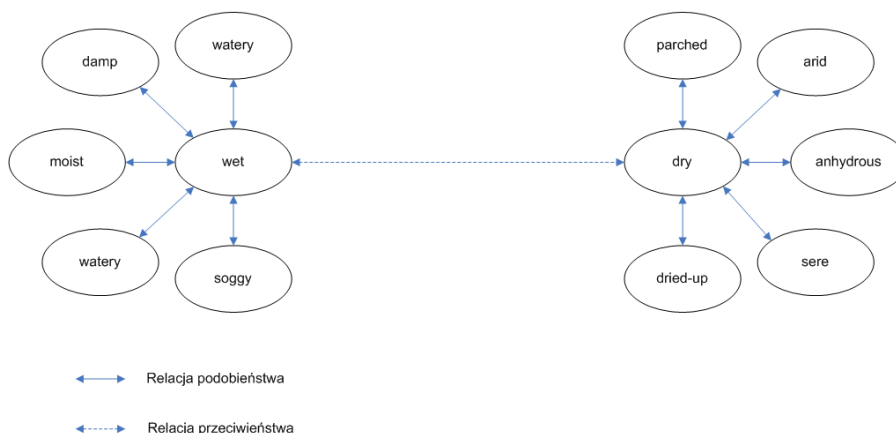


Rys. 2 WordNet: Typy implikacji leksykalnej
(por. Miller i in. [1993], s. 54)

WordNet zawiera ponad dwadzieścia tysięcy przymiotników. Do najważniejszych kategorii przymiotników należą:

- Przymiotniki opisowe (*ascriptive adjectives*), które denotują własności przedmiotów, np. *heavy* i *high*. Są one pogrupowane przez relacje antonimii — oznaczanej przez „!→” — oraz podobieństwa — oznaczanej przez „&→”. Na przykład: *moist* &→ *wet* !→ *dry* (zob. rys. 3).

- Przymiotniki nie-opisowe (*nonascriptive adjectives, pertainyms*), które nie denotują własności, lecz denotują treści przedstawień mentalnych. Np. w ontologii WordNetu przymiotnik *green* nie denotuje cechy przedmiotów zielonych, lecz to, co myślą ci, którzy posługują się tym przymiotnikiem. Przymiotniki nie-opisowe są przymiotnikami relacyjnymi. Ich zbiory synonimów często złożone są tylko z jednego przymiotnika (lub rozmieszczenia przymiotników) oraz leksykalnego odnośnika do rzeczownika, z którym ów przymiotnik jest związany (np. *green* — *greenness*). Przymiotniki nie-opisowe, w przeciwieństwie do przymiotników opisowych, nie posiadają antonimów.



Rys. 3 WordNet: Relacje podobieństwa i przeciwieństwa pomiędzy przymiotnikami
(por. Miller i in. [1993], s. 29)

2. Cyc

Projekt Cyc został rozpoczęty w roku 1984 przez Douglasa Lenata w ramach korporacji MCC (*The Microelectronics and Computer Technology Corporation*).¹² Nazwa projektu pochodzi od angielskiego słowa *enCyclopedia*. Pierwszym celem projektu było zebranie tzw. wiedzy zdrowo-rozważkowej, jaką posiadają ludzie na temat świata, i zakodowanie jej w języku, który mógłby być w łatwy sposób przetwarzany przez komputer. Część bazy wiedzy Cyc została udostępniona pod nazwą „OpenCyc”. Pełna wersja Cyc jest dostępna dla celów naukowych badawczych pod nazwą ResearchCyc.

Informacje na temat projektu Cyc można znaleźć na stronie internetowej: <http://www.cyc.com>. W szczególności warto zwrócić uwagę na listę publikacji dostępną na stronie internetowej: <http://www.cyc.com/cyc/technology/pubs>.

Cyc jest dość rozbudowanym systemem składającym się m.in. z

- bazy wiedzy,
- narzędzi umożliwiających inferencje (*Inference Engine*),
- języka do reprezentowania wiedzy CycL (*CycL Representation Language*),
- podsystemu przetwarzania języka naturalnego (*Natural Language Processing Subsystem*).

Jednak sercem Cyc jest baza wiedzy zawierająca ponad dwieście tysięcy pojęć i składająca się z ponad dwóch milionów formuł zapisanych w języku CycL, którego źródłami są rachunek predykatów oraz język programowania Lisp.

Baza wiedzy, czyli odpowiednik ontologii inżynierskiej, jest formalną reprezentacją olbrzymiej zdrowo-rozważkowej wiedzy ludzkiej. Opisuje fakty oraz formułuje

¹² Opis ontologii Cyc został zaczerpnięty z internetowej strony Cyc: <http://www.cyc.com>.

reguły wnioskowania o przedmiotach i zdarzeniach życia codziennego, takich jak domy, czas, przestrzeń, kupowanie itd. Baza wiedzy składa się z pojęć, które tworzą język CycL, oraz z tzw. asercji (*assertions*), które wiążą pojęcia. Jak deklarują twórcy Cyc, baza wiedzy jest „morzem asercji”. Owo „morze asercji” zawiera ponad dwa i pół miliona asercji wiążących ponad sto pięćdziesiąt tysięcy pojęć.

Korzystając z klasyfikacji ontologii podanej w części I, bazę wiedzy Cyc trzeba zaliczyć do ontologii aksjomatycznych.

Baza wiedzy Cyc jest podzielona na kilka tysięcy mikroteorii. Każda z nich jest w istocie wiązką asercji, które posiadają wspólny zbiór założeń. Mikroteorie są tworzone ze względu na dziedzinę wiedzy, poziom uszczegółowienia informacji, przedział czasu, w którym te informacje są uważane za prawdziwe, itp. Mikroteorie pozwalają:

- jednocześnie uznawać za prawdziwe asercje, które są sprzeczne (przy czym asercje zawarte w jednej mikroteorii muszą być niesprzeczne),
- podnieść efektywność procesu wnioskowania.

Poza pojęciami atomicznymi oraz asercjami dotyczącymi tych pojęć Cyc posiada dodatkowo funkcje pozwalające na automatyczne tworzenie milionów nie-atomicznych pojęć. Przykładowo, pojęcie „*GovernmentFn France*”, odnoszące się do rządu francuskiego, zostało automatycznie utworzone z pojęcia „*France*” oraz funkcji „*GovernmentFn*”.¹³

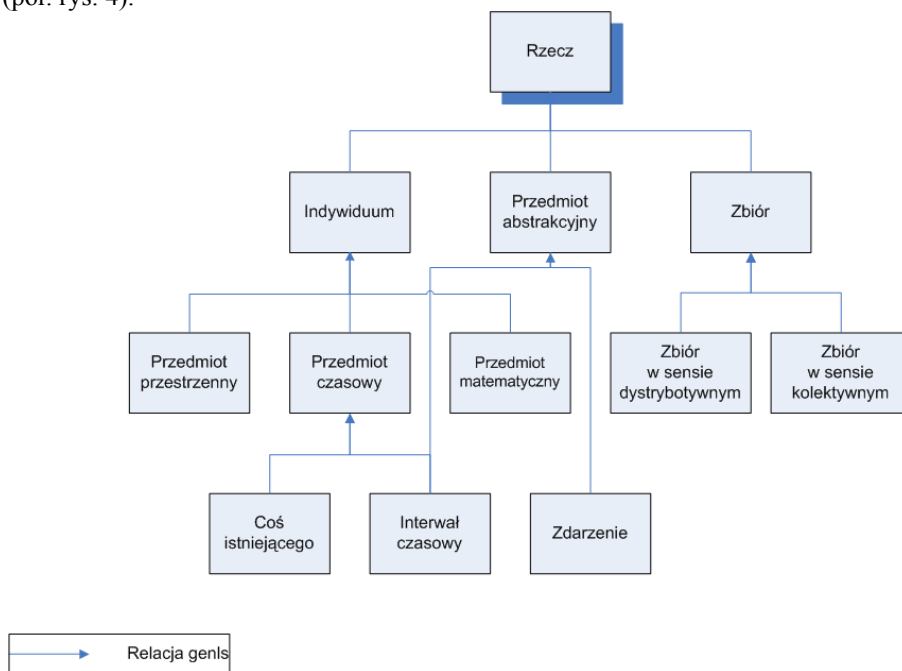
Cyc dodaje w sposób automatyczny asercje do bazy wiedzy w wyniku procesu wnioskowania (*inferencing process*). Proces ten można by porównać do wyprowadzania nowych twierdzeń z przyjętych aksjomatów i twierdzeń wcześniej udowodnionych.

Dwoma głównymi relacjami pomiędzy pojęciami w tej ontologii są *genls* i *isa*. Pierwsza z nich jest relacją generalizacji, czyli w naszej terminologii relacją subsumpcji. Formułę „(*genls A B*)” należy rozumieć w sposób następujący: zbiór *A* jest podzbiorem (właściwym) zbioru *B*, np. (*genls Pies Ssak*). Druga relacja odpowiada relacji bycia elementem zbioru. Formuła „(*is a A B*)”, oznacza, że *A* jest elementem zbioru *B*.

Rys. 4 prezentuje tę część taksonomii Cyc, która zawiera najbardziej ogólne pojęcia (ze względu na relację *genls*). Korzeń tej taksonomii, pojęcie „Rzecz”, posiada trzy gatunki: „Indywidualium”, „Przedmiot Abstrakcyjny” oraz „Zbiór”. Pojęcie „Przedmiot Abstrakcyjny” opisuje zbiór tych rzeczy, które nie mogą być dotknięte. Pojęcie „Indywidualium” obejmuje te rzeczy, które nie są zbiorami ani w sensie dystrybutywnym, ani w sensie kolektywnym. Jego elementami mogą być rzeczy konkretne (np. obiekty fizyczne) lub abstrakcyjne (np. grupy, liczby). W końcu, pojęcie

¹³ Wszystkie pojęcia, relacje oraz funkcje w bazie wiedzy Cyc są poprzedzone dwoma symbolami „#\$”. W języku Cyc nie występuje więc termin „*GovernmentFn France[0]*”, lecz „#\$*GovernmentFn #France*”. Dla poprawienia czytelności będziemy w dalszej części artykułu pomijać prefix „#\$”.

„Zbioru” dotyczy zbiorów rozumianych w sensie dystrybutywnym oraz zbiorów rozumianych w sensie kolektywnym. Pojęcie „Indywidualium” rozpada się na trzy gatunki: „Przedmiot Przestrzenny”, „Przedmiot Czasowy” oraz „Przedmiot Matematyczny”. Pierwszy z tych gatunków ujmuje te rzeczy, które mają przestrzenną rozciągłość lub których położenie można określić w odniesieniu do innych przestrzennych przedmiotów lub samej przestrzeni. Drugi gatunek określa zbiór rzeczy istniejących w czasie. W końcu, przedmiotami matematycznymi są te przedmioty abstrakcyjne, które nie są zbiorami. Pojęcie „Przedmiotu Czasowego” posiada dwa gatunki, z których jeden jest jednocześnie gatunkiem pojęcia „Przedmiotu Abstrakcyjnego”. Przedmioty trwające w czasie, takie jak ludzie, jeziora czy gwiazdy, są zaliczone do kategorii „coś istniejące” (*Something Existing*), z kolei te przedmioty czasowe, które są całkowicie scharakteryzowane przez swoją czasową rozciągłość, nazywane są tu interwałami czasowymi. Pojęcie „Przedmiotu Abstrakcyjnego” posiada również drugi gatunek, którym jest pojęcie „Zdarzenia”, które denotuje zmiany stanów rzeczy (por. rys. 4).



Rys. 4. Cyc: Część taksonomii

Tak skonstruowana baza wiedzy (pamiętajmy, że wyżej przedstawiono jedynie niewielki fragment bazy wiedzy Cyc) może zostać bezpośrednio wykorzystana do tworzenia efektywnego oprogramowania. Wyobraźmy sobie, że mamy ogromną, elektroniczną bibliotekę (bazę danych) zdjęć, filmów czy utworów muzycznych.

Gdybyśmy chcieli przeszukać ją w celu znalezienia konkretnego zdjęcia bądź filmu, spędzilibyśmy zapewne wiele godzin, dni lub nawet miesięcy. Pewnym ułatwieniem w przeszukiwaniu takich baz danych jest dołączenie do każdego źródła, zdjęcia, filmu etc. krótkiego tekstu opisującego jego treść. Wówczas istniejące oprogramowanie pozwala nam na automatyczne przeszukiwanie tej biblioteki za pomocą tzw. słów kluczowych.

Załóżmy, że mamy bazę danych zdjęć, a wśród nich zdjęcie żołnierza trzymającego pistolet przy głowie kobiety, które może być opisane „żołnierz trzyma pistolet przy głowie kobiety” z dodatkowym odniesieniem do czasu i miejsca. Takie zdjęcie może zostać odnalezione automatycznie za pomocą słów „żołnierz” lub „pistolet”.

Gdybyśmy jednak użyli zapytań postaci: „ktoś w niebezpieczeństwie”, „przestraszona osoba” lub „mężczyzna grożący kobiecie”, nie znaleźlibyśmy wspomnianego zdjęcia, ponieważ w użytych frazach nie występują te same terminy, które zostały użyte do opisu zdjęcia. Co więcej, nawet wsparcie prostego słownika synonimów, przy przeszukiwaniu naszej bazy danych zdjęć, nie zmieni istotnie zaistniałej sytuacji. Niezbędny wydaje się zatem mechanizm wyszukujący, który wykroczy poza poziom leksykalny do poziomu znaczeń tych terminów czy konotowanych przez nie treści. Tego rodzaju pomoc mają nam zapewnić właśnie ontologie. Na przykład Cyc zawiera asercje o tym, że pistolety wystrzelują kule i są po to, aby zabijać ludzi, że trzymanie pistoletu przy czyjeś głowie grozi utratą życia tej osoby, że zagrożona osoba czuje strach i że większość żołnierzy to mężczyźni. Jeżeli naszą bibliotekę zdjęć opiszemy za pomocą języka CycL, to formułując zapytanie „ktoś w niebezpieczeństwie” (w tym samym języku), dzięki bazie wiedzy Cyc, powinniśmy, wśród wyników wyszukiwania, otrzymać zdjęcie z opisem „żołnierz trzyma pistolet przy głowie kobiety”.¹⁴

3. Enterprise Ontology¹⁵

Enterprise Ontology (dalej: EO) jest zbiorem pojęć używanych w działalności gospodarczej oraz ich definicji. EO w zamyśle jej autorów ma służyć dwóm zasadniczym celom. Po pierwsze, w zamyśle jej autorów EO dostarcza modelu działalności gospodarczej, który łączy w sobie stabilność z plastycznością, co umożliwia szybką reakcję na ewentualne zmiany wymagań ekonomicznych. Po drugie, EO ma ułatwiać komunikację pomiędzy ludźmi oraz pomiędzy programami komputerowymi poprzez uniknięcie wieloznaczności, która mogłaby być efektem różnego rozumienia tych samych pojęć. EO usuwa (czy raczej zmniejsza) tę wieloznaczność poprzez sformułowanie precyzyjnego zbioru pojęć i relacji między nimi, który zaakceptowany przez uczestników działalności gospodarczej stanowiłby swoiste „medium komunikacyj-

¹⁴ Przykład zaczerpnięty ze strony internetowej Cyc:
http://www.cyc.com/cycrandd/areasofrandd_dir/is

¹⁵ Opis *Enterprise Ontology* został zaczerpnięty z (Ushold i in. [1997]).

ne”. W grę wchodzi tu komunikacja pomiędzy ludźmi, komunikacja pomiędzy ludźmi oraz systemami komputerowymi oraz komunikacja pomiędzy samymi systemami.

W zasadzie mówienie o jednej *Enterprise Ontology* może być nieco mylące, ponieważ EO istnieje w kilku wersjach (jak mówią jej twórcy, w kilku manifestacjach). Na etapie pre-implementacyjnym, tj. przed dołączeniem EO do faktycznie działającego oprogramowania, mamy do czynienia z EO w postaci nieformalnej oraz EO zapisanej w języku Ontolingua (wersji języka pierwszego rzędu służącej do zarządzania ontologiami wyrażonymi w języku KIF; zob. Gruber [1992]). Nieformalna EO jest czymś w rodzaju systemu aksjomatycznego w stadium intuicyjnym (w sensie K. Ajdukiewicza). Mamy tu 89 terminów, których znaczenia są określone przez zdania w języku naturalnym. Choć trudno owe zdania określić mianem definicji, pełnią one rolę czegoś w rodzaju definicji przez postulaty. Na etapie implementacji, EO, jako część architektury *Enterprise Tool Set*, występuje w bardzo zubożonej postaci jako taksonomia, przy czym część terminów tej taksonomii pochodzi z etapu pre-implementacyjnego, a część jest od niego niezależna. W dalszej części mówiąc o EO będziemy mieli na myśli jej nieformalną postać z etapu pre-implementacyjnego.

Chociaż, podobnie jak Cyc, EO jest ontologią aksjomatyczną, zamierzona dziedzina EO jest dużo węższa niż dziedzina Cyc. Zestawienie obok siebie tych dwóch modeli pojęciowych ma zilustrować heterogeniczność kategorii ontologii aksjomatycznych.

EO jest podzielona na pięć części. Część pierwsza EO: Meta-Ontologia i Czas zawiera pojęcia używane do zdefiniowania najogólniejszych pojęć ontologicznych: „byt”, „relacja”, „rola (argumentu w relacji)”, „atrybut”, „stan rzeczy”, „realizacja stanu rzeczy”, „agent (*actor*)”, „potencjalny agent”, „rola agenta (*actor role*)”, „linia czasu”, „chwila (*time point*)”, „interwał czasowy”. Pojęcia te służą do definiowania pojęć z pozostałych części EO. Poniżej przedstawiamy kilka wybranych definicji z tych części.

Część druga: Działanie, Plan, Zdolność i Zasoby to zbiór pojęć związanych z procesami i planowaniem. Pojęcie „działania” (*activity*) obejmuje tu nie tylko działania ludzkie. Sprawcą działania może być nie tylko osoba, lecz również organizacja lub maszyna. Działanie może być złożone z wielu pod-działań. Specyfikacja działania jest zbiorem norm, które uściślają, jakie działania są możliwe do wykonania. Jeżeli specyfikacja działania jest stowarzyszona z jakimś celem, to jest ona wówczas nazwana planem. Zasobem jest to coś, co jest używane bądź zużywane podczas działania.

Część trzecia: Organizacja (*Organisation*), zawiera pojęcia opisujące strukturę organizacji (np. „osoba”, „zarządzać”, „posiadanie”). Dwa kluczowe elementy tej części to „byt prawny” (*Legal-Entity*) oraz „jednostka organizacyjna” (*Organisational-Unit*) (dalej: *OU*). Byt prawny charakteryzuje się tym, że posiada prawa i obowiązki względem pewnych zewnętrznych instytucji. Gatunkami „jednostki prawnej” są pojęcia „osoby”, „korporacji” i „partnerstwa”. *OU* jest bytem, który zarządza

działaniami dla osiągnięcia pewnych celów.¹⁶ Byt prawny jest zatem zewnętrznym aspektem organizacji, a jednostka organizacyjna opisuje jej strukturę zewnętrzną. W jednostce organizacyjnej struktura zarządzania jest reprezentowana przez swoiste powiązania tzw. *Management Links*. W EO „zarządzać” (*Manage*) to tyle, co „przypisać do pewnej OU cel, jaki ma ona zrealizować”. Struktura organizacyjna jest zdefiniowana jako sieć wzajemnych powiązań (*Management Links*) pomiędzy jednostkami organizacyjnymi, które zależą od celów przypisanych do OU.

Część czwarta EO: Strategia zawiera pojęcia związane ze strategicznym planowaniem i podejmowaniem decyzji (np. „cel”, „plan”, „misja”). Cel jest tym, co plan może pomóc osiągnąć, lub tym, za co OU może być odpowiedzialna. Cel, do którego osiągnięcia potrzebna jest realizacja celów pośrednich, nazwany jest celem wyższym. Strategia jest zdefiniowana jako plan, który prowadzi do osiągnięcia celu wyższego.

Część piąta: Biznes-Marketing zawiera terminy związane ze sprzedażą i obsługą (np. „sprzedaż”, „klient”, „cena”, „marka”). Sprzedaż jest tu zgodą na wymianę produktów, przy pewnej cenie pomiędzy dwoma jednostkami prawnymi. Te ostatnie mogą występować w różnych rolach, na przykład jako sprzedawca (*Vendor*) oraz jako klient (*Customer*).

III. ZAMIAST KONKLUZJI

Zamiast konkluzji podsumowujących ten artykuł chcielibyśmy sformułować zachętę (skierowaną do filozofów) do współ-uprawiania inżynierii ontologicznej. Łątwo wskazać przynajmniej dwie racje świadczące o owocności takich badań. Po pierwsze, ontologie inżynieryjne zawierają interesujące intuicje filozoficzne, które mogą stanowić punkt wyjścia dociekań ściśle filozoficznych. Ta uwaga dotyczy w szczególności lokalnych modeli pojęciowych. Przykładowo, ontologie dotyczące artefaktów technicznych (np. ontologia związana w fizyką jakościową sformułowana w De Kleer [1984]) i ontologie dotyczące organizacji (np. EO) uzupełniają braki odpowiednio ścisłej i szerokiej refleksji filozoficznej o artefaktach (por. np. Garbacz [2006]) i o organizacjach. Po drugie, jak pokazuje powyższy przegląd ontologii inżynieryjnych, rzetelna robota filozoficzna może przyczynić się do poprawy jakości ontologii inżynieryjnych, szczególnie tych mających ambicje modelowania dowolnej dziedziny przedmiotowej. Swoista arbitralność i chaotyczność „górných” części taksonomii inżynieryjnych jest ewidentnym przykładem zadań, jakie mogą podjąć filozofowie współuczestnicząc w badaniach z zakresu ontologii inżynieryjnej. Parafrazując znane powiedzenie K. Gaussa, można by powiedzieć, iż nie ma rzeczy bardziej użytecznej (dla inżynierów ontologów) niż dobra filozofia.

¹⁶ Interesujące, że EO nie zawiera pojęcia „organizacja”. Przez organizację należy tu rozumieć albo OU, który nie jest już częścią innego OU, albo korporacje i partnerstwa.

BIBLIOGRAFIA

- Corcho, O., Fernandez-Lopez, M., Gomez-Perez, A.: 2003, *Methodologies tools and languages for building ontologies*, „Data and Knowledge Engineering” 46, s. 41-64
- De Kleer, J.: 1984, *How Circuits Work*, „Artificial Intelligence” 24, s. 205-280
- Miller, G., Beckwith, R., Fellbaum, C., Gross, D.: 1993. *Five papers on WordNet*, raport techniczny, Princeton University, (dostępny na Internecie pod adresem <ftp://ftp.cogsci.princeton.edu/pub/wordnet/5papers.ps>)
- Garbacz, P.: 2006, *Logika i artefakty*, Wydawnictwo KUL, Lublin
- Gomez-Perez, A., Corcho, O., Fernandez-Lopez, M.: 2004, *Ontological Engineering*, Springer-Verlag, Londyn
- Gruber, T.: 1992, *Ontolingua: A mechanism to support portable ontologies*, raport techniczny, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, Stanford, CA, 1992.
- Gruber, T.: 1995, *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*, „International Journal of Human and Computer Studies” 43, s. 907-928
- Gruber, T., Olsen, G.: 1994, *An Ontology for Engineering Mathematics*, [w:] J. Doyle i in. (red.), *Fourth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, s. 258-269, Morgan Kaufmann, Bonn
- Guarino, N.: 1998, *Formal Ontology in Information Systems*, [w:] N. Guarino (red.), *Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of FOIS'98*, IOS Press, Amsterdam, s. 3-15
- Hayes, P.: *The naive physics manifesto*, [w:] D. Michie (red.), *Expert Systems in the Micro-Electronic Age*, Edinburgh University Press, 1978.
- McCarthy, J.: 1980, *Circumscription — A Form of Non-Monotonic Reasoning*, „Artificial Intelligence” 13, s. 27—39
- Oltramari, A., Gangemi A., Guarino N., Masolo C.: 2002, *Restructuring WordNet's Top-Level: The OntoClean approach*, „Proceedings of LREC2002”, Las Palmas
- Smith, B.: 1978, *An Essay in Formal Ontology*, „Grazer Philosophische Studien” 6, s. 39-62
- Poli, R.: 1998, *Levels*, „Axiomathes” 1-2(1998) 197-211
- Smith, B., Welty, C.: 2001, *Ontology: Towards a new synthesis*, [w:] C. Welty, B. Smith, (red.), *Formal Ontology in Information Systems.*, s. iii-x, ACM Press, Ongunquit
- Sowa, J.: 2000, *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*, Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove (CA).
- Uschold, M., King, M., Moralee, S., Zorgios, Y.: 1997, *The Enterprise Ontology*, raport techniczny nr AIAI-TR-195, AIAI, University of Edinburgh
- Welty, C., Guarino, N.: 2001, *Supporting ontological analysis of taxonomic relationships*, „Data and Knowledge Engineering” 39, s. 51-74
- Welty, C., Mahindru, R., Chu-Carroll, J.: 2004, *Evaluating Ontology Cleaning, Proceedings of AAAI-2004*. AAAI Press, San Jose